

# ANÁLISIS PRODUCTIVO DE PLÁTANO EN ALTA DENSIDAD Y SU RELACIÓN CON LA PRECIPITACIÓN EN URABÁ

Jorge Enrique Cárdenas González<sup>1</sup>, Sebastián Zapata Henao<sup>2</sup>, Jaiver Danilo Sánchez Torres<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Ingeniero Agrónomo, Asistente técnico-plátano, C.I. Banacol. [jorge.cardenas@banacol.com.co](mailto:jorge.cardenas@banacol.com.co)

<sup>2</sup> Ingeniero Agropecuario, Auxiliar de investigación, CENIBANANO-AUGURA.

<sup>3</sup> M. Sc. en Ciencias Agrarias, Director, CENIBANANO-AUGURA.

## RESUMEN

Se analizó el rendimiento en el primer ciclo de cosecha de plátano, con diferentes niveles de precipitación presentados en las etapas del cultivo. Se estableció una hectárea del cultivo con una población promedio de 2,450 plantas/ha en trece fincas, bajo condiciones de manejo similares; tomando datos semanales de precipitación. Las fincas se distribuyeron en cuatro grupos utilizando el análisis de conglomerados jerárquicos de acuerdo a variables de productividad. El grupo 4 obtuvo los menores rendimientos debido a la alta pluviosidad acumulada durante todas las etapas de desarrollo del cultivo, seguido por el grupo 2, donde la baja precipitación seis semanas antes de la floración (55,13 mm), afectó el llenado del fruto. Por otra parte, los grupos 1 y 3 produjeron las mayores cantidades de cajas (1067,75 y 953,00 respectivamente). La productividad de cada grupo estuvo determinada por la precipitación acumulada en diferentes etapas fenológicas del cultivo.

**Palabras clave:** estrés hídrico, precipitación, rendimiento, *Musa* AAB.

Recibido: 30 de noviembre de 2016  
Received: November 30th, 2016

Aceptado: 11 de Mayo de 2017  
Accepted: May 11th, 2017

## PRODUCTIVE ANALYSIS OF PLANTAIN IN HIGH DENSITY SYSTEM AND THEIR RELATION WITH RAINFALL IN URABA.

### ABSTRACT

*Performance was analyzed in the first plantain harvest cycle, with different levels of rainfall presented in the growing stages. One hectare of the crop was established with an average population of 2,450 plants / ha in thirteen farms, under similar management conditions; taking weekly precipitation data. Farms were distributed in four groups using analysis of hierarchical clusters according to productivity variables. Group 4 obtained the lowest yields due to the high rainfall accumulated during all the stages of development of the crop, followed by group 2, where the low precipitation six weeks before flowering (55.13 mm), affected the fruit filling. On the other hand, groups 1 and 3 produced the largest quantities of boxes (1067.75 and 953.00 respectively). The productivity of each group was determined by the accumulated precipitation in different phenological stages of the crop.*

**Keywords:** water stress, rainfall, yield, *Musa* AAB.

*Cómo citar este artículo:* J. H. Cárdenas-González, S. Zapata-Henao, J. D. Sánchez-Torres, "Análisis productivo de plátano en alta densidad y su relación con la precipitación en Urabá," *Revista Politécnica*, vol. 13, no. 24, pp. 27-35, 2017.

## 1. INTRODUCCIÓN

El plátano es un cultivo que se concentra en su mayoría en países tropicales, siendo socioeconómicamente importante debido a su alto consumo como alimento básico. La mayoría de plátanos y bananos de cocción son producidos en África Central y Occidental, mientras en América, países como Ecuador, Colombia, Guatemala y Perú son grandes productores y exportadores, aunque, solamente el 1,62% de la producción mundial de plátano es exportada [1]. El cultivo de plátano en Colombia se encuentra disperso en todo el país. Su área cultivada está representada casi en su totalidad por pequeños agricultores (87%), quienes realizan arreglos de siembra con plantas de café, cacao, yuca y frutales, mientras solo el 13% se trabaja como monocultivo tecnificado [2].

Según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) [3], Colombia cuenta con 915.987 hectáreas en plátano. Para el año 2015, las exportaciones colombianas de plátano fueron de 4,5 millones de cajas, aumentando en un 16,15% respecto al año 2014, encontrando a Estados Unidos como el principal país importador, con 2,6 millones de cajas, seguido por Inglaterra con 1,2 millones de cajas y, en tercer lugar, Bélgica con 438 mil cajas [4]. Dichos datos distan de la producción que alcanzó el país en años como el 2005, donde se logró una exportación aproximada de 5,6 millones de cajas [5].

Uno de los principales desafíos de la agricultura, es alimentar a una población mundial creciente y más exigente, en una menor área de cultivo, potencializando la productividad y con mínimos impactos ambientales, ante las constantes variaciones y condiciones climáticas extremas [6, 7]. El cultivo del plátano en Colombia afronta grandes dificultades, como problemas fitosanitarios, poca inversión en prácticas agrícolas como renovación, riego, drenaje y fertilización; factores que afectan la calidad, productividad y competitividad del cultivo frente a mercados internacionales [2]. Estas situaciones conducen a la necesidad de lograr un mejoramiento directo e indirecto de factores de producción que pueden ser controlados en el cultivo de plátano, a través del establecimiento y uso de nuevas e innovadoras prácticas agronómicas [8].

Bajo este contexto, la implementación del sistema de alta densidad de siembra (AD) en el cultivo de

plátano, es una alternativa tecnológica de interés para la producción en la región de Urabá, Antioquia, la cual ofrece diversos beneficios, tales como un incremento en rendimientos, optimización de costos, mayor eficiencia y aprovechamiento de recursos naturales, menor intervalo de cosecha, etc., [9]. Este sistema fue desarrollado e investigado en Colombia [10, 11] y trabajado en países como Costa Rica [12, 13], Venezuela [14, 15, 16] y Cuba [17]. En los últimos años ha sido evaluado en África en el cultivo de banano [18, 19, 20]. Sin embargo, la implementación de dicho sistema en la zona de Urabá, solo recientemente está siendo adoptado por algunos productores de la subregión, a raíz de programas desarrollados por las comercializadoras C.I. BANACOL y C.I. UNIBAN de la región. Tradicionalmente, desde los primeros estudios, el cultivo de plátano en altas densidades ha sido desarrollado para un ciclo de cultivo [21]. Bajo estas condiciones, el cultivo es técnicamente viable en la región de Urabá, en términos de productividad y rentabilidad. Por ende, la presente investigación, tiene como objetivo, analizar la producción de plátano en un sistema de siembra de alta densidad en la subregión de Urabá, Antioquia, bajo diferentes condiciones de precipitación en las etapas del cultivo, durante la primera generación.

## 2. MATERIALES Y METODOS

**2.1. Localización:** el estudio se llevó a cabo en la subregión de Urabá, Antioquia, en las zonas sur, centro y norte (municipios de Chigorodó, Carepa y Turbo respectivamente). El Urabá antioqueño posee un clima cálido semihúmedo, con precipitación promedio anual entre los 2,200 mm y 3,800 mm en dirección noreste-suroeste [22].

**2.2. Selección de predios:** se seleccionaron 13 fincas productoras de plátano (*Musa* AAB Simmonds) variedad Hartón, dedicadas a la exportación, a través de la comercializadora C.I. BANACOL. En cada finca se efectuó el establecimiento de una hectárea de plátano en un sistema de siembra de alta densidad, con arreglo espacial de 2m x 2m en cuadro, para una población teórica de 2,500 plantas/ha, con un promedio de 2450 plantas/ha, debido factores como la no germinación de cormos, condiciones o dificultades propias de cada lote o diferencias en el espacio ocupado por los sistemas de drenaje construidos según necesidad de cada terreno, que no permiten lograr el total de plantas teóricas/ha. En cada una

de estas fincas, previo a labores de siembra, se realizó un proceso de eliminación del cultivo existente y adecuación de terreno con labores como: a) nivelación del terreno con maquinaria tipo retroexcavadora. Esta comprendió la eliminación de jarillones (montículos de tierra a orillas de canales), cubrimiento de drenajes no requeridos y nivelación de suelo para evitar la acumulación superficial de aguas y la optimización del terreno de siembra; y b) construcción de la red de drenajes, donde dependiendo de las condiciones propias de cada finca, se construyó una red de drenajes terciaria y se adecuó la red secundaria (recava de drenajes). Posteriormente, en caso de requerirse, se realizó un sistema de drenaje superficial en algunos predios. La distribución y orientación del sistema de drenajes terciario se definió en función a las condiciones del suelo, la topografía, el sistema de drenajes secundarios y primarios con el que contaba cada finca y a las condiciones ambientales de la zona de localización.

**2.3. Selección de la semilla y siembra:** como semilla se utilizaron cormos provenientes de la misma finca, del cultivo previamente eliminado. El tamaño de los cormos fue variable por lo que se efectuó una previa clasificación y distribución por tamaños a lo largo del lote, para tener material homogéneo por bloques de siembra. Los pesos de los cormos oscilaron entre 1 a 5 kg. Las semillas fueron limpiadas (eliminación de raíces viejas y fracciones necrosadas) y desinfectadas con insecticidas y fungicidas utilizados convencionalmente en el cultivo.

Posteriormente se realizó el trazado, estaquillado y ahoyado del lote, acorde a los procedimientos definidos por el equipo técnico de C.I. BANACOL. La siembra contempló la aplicación de materia orgánica en polvo (1 kg/planta), fertilizante fosforado (DAP 18-46-0, 50 gr/planta) y fertilizante con boro y zinc (BOROZINCO 240 GR®, 16 gr/planta). Las siembras se realizaron entre los años 2014 (11 fincas) y 2015 (2 fincas) (Tab.1).

**2.4. Labores culturales precosecha:** luego de la siembra, los lotes trabajados en las diferentes fincas, recibieron un plan de labores de manejo cultural similar, en prácticas como: Deshoje de protección y fitosanitario, eliminación de hijos indeseables (desmache), control de malezas, control químico de sigatoka negra (*Paracercospora fijiensis*), embolsado e identificación de edad de la fruta, amarre de plantas, limpieza de racimo

mediante eliminación de flores, frutos cortos de la parte apical del racimo y flores masculinas (desflore, desdese y desbacote, respectivamente); construcción y mantenimiento de drenajes, y nutrición edáfica y foliar con aportes por ciclo de cultivo de 337,7; 28; 251; 38,3; 57; 72,7; 1,2 y 0,7 kg/ha de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, MgO, CaO, S, B y Zn respectivamente. La fertilización se llevó a cabo a partir de la sexta semana después de la siembra y hasta la semana 36, con aplicaciones cada 3 semanas.

**Tabla 1.** Fincas analizadas en el periodo comprendido entre los años 2014 a 2015.

FINCA	MUNICIPIO	POBLACIÓN SEMBRADA	AÑO DE SIEMBRA	SEMANA DE SIEMBRA
La Galia	Turbo	2,533	2014	23
La Agenda	Turbo	2,324	2014	24
Nueva Edith Luz	Turbo	2,382	2014	25
Arias	Turbo	2,492	2014	26
Marco Polo	Turbo	2,484	2014	32
El Rio	Turbo	2,630	2014	39
El Chiro	Turbo	2,505	2014	41
Rancho California	Turbo	2,440	2014	41
Agropecuaria Los 4	Carepa	2,590	2014	42
Villa Clara	Chigorodó	2,409	2014	45
Mitaler	Chigorodó	2,334	2014	46
El Papayal	Turbo	2,500	2015	32
Daysuli	Carepa	2,600	2015	40

**2.5. Labores culturales de cosecha y poscosecha:** la edad de cosecha osciló en las diferentes fincas entre 9 a 10 semanas de edad del racimo. El criterio de empaque de la fruta se basó en los estándares definidos para la exportación de plátano; para el caso de las especificaciones de tamaño de fruta, longitud mínima de 10 pulgadas (25,4 cm) de pulpa a punta y grado o diámetro entre 20 a 28 líneas (equivalencia de 1"+20/32" y 1"+28/32"), lo que equivale a grado o diámetro entre 4,1275 y 4,7625 cm.

El proceso de poscosecha contempló el desdese y desleche de la fruta (inmersión de la fruta por espacio de 10 a 15 minutos en mezcla agua-alumbre al 1%), tratamiento de coronas con mezcla fungicida para prevención de enfermedades poscosecha, secado, selección (clasificación de fruta dentro de los parámetros de calidad para la exportación) y empaque. Las especificaciones mencionadas anteriormente, así como los procedimientos, correspondieron a los estándares establecidos por la comercializadora C.I. BANACOL [23].

**2.6. Variables:** en cada finca se tomaron las siguientes variables de productividad: semanas entre la siembra y el inicio de la floración o parición,

cantidad de racimos encintados por semana (número de plantas florecidas), duración de la curva de floración (embolse), cajas semanales producidas (23.8 kg netos) y cajas totales producidas. Los datos de embolses y cajas procesadas se recopilaron semanalmente y después fueron analizados para conocer el tiempo desde siembra hasta que el 50% de la plantación alcanzó la floración que es un indicador de la velocidad de crecimiento de la población de plantas, el tiempo de dispersión de la curva de floración que es un indicador del tiempo en que se concentra la cosecha, el número de plantas cosechadas que es un indicador de problemas asociados con pérdidas de plantas y el número de cajas por hectárea que define la productividad del cultivo.

La precipitación (mm), fue registrada diariamente a las 7:00 a.m por cada uno de los productores, por medio de un pluviómetro marca Lhaura®. El dato de precipitación acumulada por semana en cada finca, fue utilizado para el análisis estadístico.

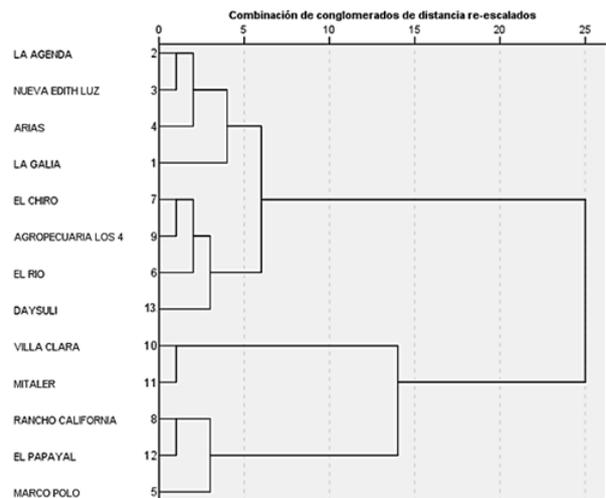
**2.7. Análisis de resultados:** las fincas fueron distribuidas en grupos a través del análisis de conglomerados jerárquicos, de acuerdo a su similitud en las variables de productividad (No. de plantas embolsadas, siembra a parición, amplitud de la curva de embolse y No. cajas totales) utilizando la medida de distancia euclidiana al cuadrado. El método de agrupación utilizado fue el de vinculación promedio o intergrupo, donde cada finca se une a un conglomerado o grupo específico si se logra un determinado nivel de similitud con el valor promedio. Una vez definidos los grupos de fincas por sus similitudes, se analizaron los patrones de lluvia que se presentaron en las diferentes etapas de desarrollo para cada grupo de fincas lo que puede explicar su impacto sobre las variables de productividad, mediante un análisis de varianza. La significancia entre los grupos de fincas fue estimada con la prueba Tukey ( $P < 0.05$ ) mediante el programa estadístico SPSS (20.0, 2011).

### 3. RESULTADOS

**3.1. Componentes de rendimiento:** Mediante el análisis de conglomerados jerárquicos, las fincas trabajadas fueron agrupadas de acuerdo a la similitud de su comportamiento en variables tales como (No. de plantas embolsadas, siembra a parición, amplitud de la curva de embolse y No. cajas totales). El dendrograma arrojó 4 grupos de

fincas de acuerdo a la distancia euclidiana obtenida (Fig. 1.) Con base en los grupos, se realizaron análisis de varianza. Los grupos de fincas 4 (Villa Clara y Mitaler) y 2 (Rancho California, El Papayal y Marco Polo), presentaron el menor número de cajas totales promedio ( $P < 0,05$ ) (504,50 y 627,67 cajas respectivamente) en comparación con los grupos 1 (La Agenda, Nueva Edith Luz, Arias y La Galia) y 3 (El Chiro, Agropecuaria los 4, El Río y Daysuli) los cuales obtuvieron los mejores rendimientos, con un promedio en el número de cajas totales de (1067,75 y 953,00 cajas respectivamente), sin hallar diferencias estadísticas significativas entre ellos ( $P < 0,05$ ) (Fig.2).

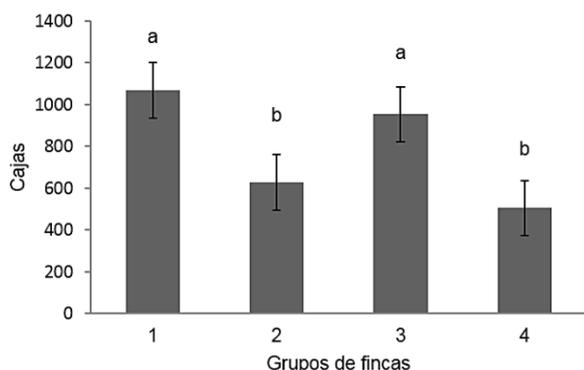
Para el primer caso (grupo 4), se puede evidenciar, que las fincas presentaron un amplio periodo entre la siembra y la parición o floración de las primeras plantas (29,00 sem), condición que se mantuvo para que la plantación alcanzara el 50 y 70% de la floración, representada en 39,00 y 45,00 semanas respectivamente (Tab.2.). Además, el número de plantas embolsadas para dicho grupo de fincas, fue menor (1787,50 racimos) ( $P < 0,05$ ) en comparación con los demás grupos evaluados (Tab.2).



**Fig.1.** Dendrograma de agrupación de fincas de acuerdo a similitud entre las variables de producción, obtenido tras el análisis de conglomerados jerárquicos.

Por su parte, el grupo de fincas 2, también presentó un mayor periodo entre la siembra y la parición (27,33 sem) y un largo periodo para alcanzar el 50 y 70% de la floración (37,33 y 42,33 sem, respectivamente), en comparación con los grupos 1

y 3, sumado a un amplio rango en la curva de embolse (24,00 sem) (Tab.2).



Letras diferentes indican diferencia estadística significativa entre los grupos de fincas ( $P < 0,05$ ).

**Fig. 2.** Número de cajas totales promedio producidas en cada grupo de fincas.

Se puede apreciar que los predios pertenecientes al grupo 3 mostraron un menor intervalo (25,75 sem) entre siembra y parición, aunque no se presentaron diferencias estadísticas con los grupos 1 y 2 (Tab.2). Por su parte, el No. de plantas embolsadas fue significativamente mayor para el grupo 3 (2462,25 racimos) en contraste con los grupos restantes, pero la amplitud en la curva de embolse (24,00 sem) fue mayor ( $P < 0,05$ ) en comparación con el grupo de fincas 1 (16,00 sem), hecho que determinó un mayor rendimiento en estos predios (Tab.2).

**Tabla 2.** Análisis de variables productivas en los grupos de fincas.

Grupo de fincas	Siembra a parición (sem)	No. plantas embolsadas (racimos)	Amplitud curva embolse (sem)	(sem) para floración del 50% de la población	(sem) para floración del 75% de la población
1	26,50 ab	2255,00 b	16,00 b	32,25 b	34,75 b
2	27,33 ab	2204,67 b	24,00 a	37,33 ab	42,33 a
3	25,75 b	2462,25 a	24,25 a	36,25 ab	39,50 ab
4	29,00 a	1787,50 c	19,00 ab	39,00 a	45,00 a
Medias	26,85	2235,23	20,85	35,69	39,54

Letras diferentes indican diferencia estadística significativa entre los grupos de fincas ( $P < 0,05$ ).

**3.2. Variables de precipitación acumulada:** entre las etapas vegetativa a diferenciación y vegetativa a floración, no se presentaron diferencias

estadísticas entre los grupos de fincas para los milímetros (mm) de lluvia acumuladas en estos periodos (Tab.3). De modo contrario, entre la fase de diferenciación a floración, se puede detallar como las fincas del grupo 2 y 3 recibieron una menor proporción de lluvias en este periodo (Tab.3).

Seis semanas antes de la floración, las fincas del grupo 4 acumularon una mayor cantidad de precipitación (435,35 mm), en comparación con los grupos restantes; mientras las fincas del grupo 2, recibieron tan solo 55,133 mm en la misma fase (Tab.3). El exceso y déficit de agua en este periodo de tiempo, fue un factor determinante, el cual afectó la productividad en dichos grupos de fincas. Del mismo modo, el grupo de fincas 4 acumuló mayor cantidad de precipitación en el periodo productivo (1038,1 mm) (Tab.3).

En la fase de producción, el grupo de fincas 4 acumuló una alta cantidad de milímetros de lluvia (1038,10), seguidas del grupo 3 (599,23), y los grupos 2 y 1 (241,63 y 43,43 respectivamente).

**Tabla 3.** Análisis de acumulación de precipitación en cada grupo de fincas para las diferentes etapas de desarrollo del cultivo.

Grupo de fincas	Vegetativo a diferenciación (mm)	Diferenciación a floración (mm)	Vegetativo a floración (mm)	Seis semanas antes floración (mm)	Productivo (mm)
1	603,08 a	393,63 ab	996,70 a	188,00 b	43,43 c
2	584,40 a	164,47 b	748,87 a	55,13 b	241,63 c
3	633,05 a	172,93 b	805,99 a	116,59 b	599,23 b
4	458,25 a	461,95 a	920,20 a	435,35 a	1038,10 a
Medias	585,71	283,35	869,06	173,42	413,21

#### 4. DISCUSIÓN

Los eventos climáticos juegan un papel determinante en la productividad de los cultivos [24, 25]. Altas precipitaciones durante varias semanas, seguidas de periodos prolongados de sequía, o viceversa, tienen fuertes impactos sobre las respuestas fisiológicas y productivas en musáceas [26,27]. Los sistemas de alta densidad de plátano y banano, son sensibles en variables como la demanda hídrica, la cual juega un papel importante para la productividad del mismo [18]. Según Rosales, Álvarez, y Vargas [9], el cultivo de plátano requiere en promedio 180 mm de agua por mes;

ciclos extensos de sequía (4 semanas) afectan el desarrollo normal de la planta en etapas claves del cultivo, tales como la diferenciación floral o el llenado del fruto, pudiendo afectar hasta un 70% de la producción de plátano. Para el caso específico de Urabá, se cuenta con gran variabilidad de precipitación y, por ende, épocas con déficit y exceso de humedad en el suelo, los cuales son factores que limitan la productividad de musáceas en la zona [28].

El grupo de fincas 4 (Villa Clara y Mitaler) ubicadas en el municipio de Chigorodó, sufrieron durante todas las etapas del cultivo altas precipitaciones, situación que afectó significativamente la productividad. Además, la alta pluviosidad estuvo acompañada de fuertes vientos, los cuales derribaron un 20% de la población. Dichas condiciones no solo afectaron la cantidad total de unidades productivas y la cantidad que finalmente llegó a etapa de producción (plantas con racimos encintados), sino que implicaron un menor desarrollo de las plantas que continuaron en pie. Rosales, Álvarez, y Vargas [9] aseguran que factores bióticos como el viento y el peso de racimo incrementan la incidencia de plantas caídas (volcamiento), situación que se pudo evidenciar en estas fincas, además de ser una problemática constante en la producción de plátano en la zona de Urabá, Antioquia. Ndabamenye *et al.*, [19] determinaron que la precipitación acumulada en diferentes sistemas agroecológicos en Ruanda, juega un papel determinante al momento de seleccionar altas densidades de siembra en el cultivo de banano. Además, hallaron que condiciones de alta pluviosidad, prolongaron el ciclo total del cultivo, situación similar a la presentada con el grupo 4. La humedad y la alta pluviosidad facilitan la infección y desarrollo de Sigatoka Negra (*P. fijiensis*) [1], enfermedad foliar que afecta la productividad del plátano al reducir el aérea foliar y la tasa de fotosíntesis [29, 30], hecho que probablemente pudo afectar el rendimiento de estas fincas. Estos factores han sido ampliamente analizados en producciones bananeras en Urabá [31].

Por su parte, la productividad en el grupo de fincas 2, se vio afectada debido al fuerte verano que afrontó la población de plantas, en etapas de desarrollo determinantes como seis semanas antes de la floración (aproximadamente 6 a 8 semanas después de diferenciación floral), periodo en el que el cultivo de plátano emite sus últimas hojas, las

cuales son las encargadas del llenado del racimo [32, 33], además de ser una de las etapas de mayor consumo de agua por parte de la planta [34]. Del mismo modo, la finca Marco Polo, perteneciente a este grupo, sufrió fuertes inundaciones durante la fase de siembra, lo cual obligó a realizar múltiples resiembras y a aumentar la amplitud de la curva de embolse, factor que también contribuyó a la baja producción de este grupo de fincas. Estos datos concuerdan con lo encontrado por Van Asten, Fermont, y Taulya [35] quienes indican que el estrés generado por largos periodos de sequía en el cultivo de banano, reduce tanto el peso como el número de dedos y manos de banano, representando una reducción en el rendimiento entre un 20 a un 65 %, independiente de la fertilidad del suelo.

El grupo de fincas 3, a pesar de tener el mayor número de encinte de racimos, no fue el que presentó un mayor número de cajas producidas. Esta situación puede ser explicada debido a que este grupo de fincas acumuló 220,69 mm de lluvia menos en el periodo de diferenciación floral a floración, en comparación con el grupo de fincas 1, las cuales, aunque alcanzaron un menor encinte, obtuvieron la mejor productividad (1067,75 cajas). Según Sánchez y Mira [26], la fase de diferenciación floral es un periodo crítico donde se define el tamaño potencial del racimo a cosechar, por ende, las condiciones climáticas, las prácticas culturales y la nutrición juegan un rol importante en el cultivo de musáceas. Cabe resaltar que, el grupo de fincas 1 presentó unas condiciones de acumulación de lluvia óptimas durante las diferentes fases de desarrollo del cultivo, por ende, mostró los mayores rendimientos en un menor periodo entre la siembra y el embolse total (42,5 sem) en contraste con el grupo 3 (50 sem).

Los múltiples beneficios citados en inicios del presente artículo sobre la tecnología de alta densidad en musáceas y los altos rendimientos hallados en Latinoamérica [36], generan gran expectativa para los productores de plátano en la región de Urabá, pero como lo resaltan Biswas y Kumar [20] en investigaciones de alta densidad de banano en África, es vital contar con programas de alta tecnología para labores de fertilización e irrigación, este último factor, que como se determinó en la presente investigación, afectó la productividad del plátano en alta densidad.

Los factores climáticos afectan en gran medida el desarrollo del cultivo de musáceas. En los primeros meses del año los precios del banano y plátano se encuentran elevados en el mercado, debido a la baja productividad en este periodo [37], situación que anualmente se presenta en la zona de Urabá. Por ende la tecnología de altas densidades se presenta como una alternativa para la planificación de siembra y posterior cosecha en épocas donde escasea la fruta en la zona.

## 5. CONCLUSIÓN

Se pudo evidenciar como la precipitación acumulada en diferentes estados fenológicos del cultivo y el exceso y déficit hídrico afecta directamente la productividad del plátano en AD, reflejado no solamente en las cajas exportables producidas, sino también en la prolongación de las diferentes etapas fisiológicas del cultivo, hecho que resalta la importancia de seleccionar épocas de siembra que permitan asegurar una distribución óptima de lluvias en cada estado fenológico del cultivo, y la obtención de la cosecha en épocas de baja producción en el cultivo.

## 6. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Sistema General de Regalías (SGR) quien a través del fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación financió durante el periodo 2014-2016, el proyecto de investigación "ESTABLECIMIENTO DE UN PLAN PILOTO DE SIEMBRA DE PLÁTANO DE EXPORTACIÓN, EN SISTEMA DE SIEMBRA DE ALTA DENSIDAD COMO ALTERNATIVA PARA LA REGIÓN DE URABÁ", enmarcado dentro del programa "MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL SECTOR PLATANERO DEL SUROESTE Y URABÁ ANTIQUEÑO" proyecto realizado por C.I. BANACOL en convenio con la Gobernación de Antioquia (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural) y CORBANACOL; a partir del cual se generó la presente investigación.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Robinson, J.C., y Saúco, V.G. Bananas and plantains. 2 Ed. Cabi. 2010.

[2] Ministerio de Agricultura y desarrollo rural. Observatorio agrocadenas Colombia. La cadena del plátano en Colombia. Una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005. Documento de Trabajo No. 61., 2006. Disponible en: <http://www.asohofrucol.com.co/archivos/cadenas/platano.pdf> [consultado el 30 de octubre de 2016].

[3] Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). Censo nacional agropecuario 2014: novena entrega de resultados 2014-Cifras. 9º Boletín., 2015. Disponible en: <http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/censo-nacional-agropecuario-2014> [consultado el 30 de octubre de 2016].

[4] Asociación de bananeros de Colombia (AUGURA). Coyuntura bananera 2015. Disponible en: <http://www.augura.com.co/wp-content/uploads/2015/08/CONYUNTURA-BANANERA-2015.pdf> [consultado el 30 de octubre de 2016].

[5] Asociación de bananeros de Colombia (AUGURA). Coyuntura bananera 2005. Disponible en: <http://www.augura.com.co/servicios-gremiales/informacion-economica/> [consultado el 30 de octubre de 2016].

[6] Foley, J.A., Ramankutty, N., Brauman, K.A., Cassidy, E.S., Gerber, J.S., Johnston, M., ... y Balzer, C. Solutions for a cultivated planet. *Nature.*, 478, 337-342, 2011.

[7] Lobell, D.B., Burke, M.B., Tebaldi, C., Mastrandrea, M.D., Falcon, W.P., y Naylor, R.L. Prioritizing climate change adaptation needs for food security in 2030. *Science.*, 319,607-610, 2008.

[8] Belalcázar, S., Rosales, F.E., y Pocasangre, L.E. Development and formation of plantain roots (*Musa AAB Simmonds*). En: *Banana Root System: towards a better understanding for its productive management* (Eds. Turner, D.W., y Rosales, F.E) 1 Ed. Inibab, Musalac., 75-82, 2005.

[9] Rosales, F.E., Álvarez, J.M., y Vargas, A. Guía práctica para la producción de plátano con altas densidades: experiencias de América Latina y El Caribe. 1 Ed. Bioersity internacional, Musalac, 2008.

- [10] Cayón, G., Lozada, J., y Belalcázar, S. Respuestas fisiológicas del clon de plátano Dominico-Hartón, *Musa* AAB Simmonds, en densidades altas de siembra. En: S. Belalcázar y O. Jaramillo (eds.). Segundo Informe Técnico Regional nueve CORPOICA. Armenia, Colombia. 1995.
- [11] Belalcázar, S. Cultivo de plátano en altas densidades, una nueva opción. *Informaciones Agronómicas.*, 20, 1-4, 1995.
- [12] Pérez, L. Densidades de poblaciones altas en plátano, cv. *Curraré* (*Musa* AAB)". Corbana., 19, 25-30, 1994.
- [13] Vargas, A. Validación de tecnología de producción para alto rendimiento en el cultivo del plátano *Curraré* o Falso Cuerno (*Musa* AAB) en el Atlántico de Costa Rica (primera cosecha). Corbana., 19, 17-24. 1994.
- [14] Gómez, C., Surga, J., Rumbos, R., Trujillo, V., Rosales, H., y Vera, J. Evaluación de cuatro densidades de siembra en doble hilera para plátano (*Musa* AAB cv. Hartón) en la zona sur del lago de Maracaibo, durante el primer ciclo de cosecha. *Revista de la Facultad de Agronomía.*, 21, 262-269, 2004.
- [15] Delgado, E., Gómez, N., González, O., y Marín, C. Evaluación a Nivel de Finca del Efecto de la Alta Densidad de Siembra en Plátano (*Musa* AAB Cv Subgrupo plátano Hartón), municipio Obispo, Barinas, Venezuela). *Revista de la Facultad de Agronomía.*, 25, 603-616, 2008.
- [16] Martínez, G., Blanco, G., Hernández, J., Manzanilla, E., Pérez, A., Pargas, R., y Marín, C. Comportamiento del plátano (*Musa* AAB Subgrupo plátano, cv. Hartón Gigante) sembrado a diferentes densidades de siembra en el Estado Yaracuy, Venezuela. *Revista Científica UDO Agrícola.*, 9, 259-267, 2009.
- [17] Álvarez, J.M., y Beltrán, A. Tecnología de producción con altas densidades en bananos y plátanos en Cuba y avances hacia una producción orgánica. Taller Manejo convencional y alternativo de la sigatoka negra, nematodos y otras plagas asociadas al cultivo de musáceas en los trópicos. MUSALAC, INIBAP. Guayaquil, Ecuador, 65-66, 2003.
- [18] Mustaffa, M.M. y Kumar, V. Banana production and productivity enhancement through spatial, water and nutrient management. *J. Hortl. Sci.*, 7, 1-28, 2012.
- [19] Ndabamenye, T., Van Asten, P.J.A., Blomme, G., Vanlauwe, B., Swennen, R., Annandale, J.G. y Barnard, R.O. Ecological characteristics and cultivar influence optimal plant density of East African highland bananas (*Musa* spp., AAA-EA) in low input cropping systems. *Scientia horticulturae.*, 150, 299-311, 2013.
- [20] Biswas, B.C., y Kumar, L. High density planting success stories of banana farmers. *Fert Mktg News.*, 41, 3-10, 2010.
- [21] Belalcázar, C.S., Rosales, Franklin E., y Espinosa, M.J. Altas densidades de siembra en plátano, una alternativa rentable y sostenible de producción. En: Taller Manejo convencional y alternativo de la sigatoka negra, nematodos y otras plagas asociadas al cultivo de musáceas en los trópicos. MUSALAC, INIBAP., 55-63, 2003.
- [22] Paredes, V., Vargas, I., Vargas, M.C., y Arellano, F. Hidrogeoquímica en el acuífero costero del eje bananero de Urabá. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín* 9, 51-61, 2010.
- [23] BANACOL. Especificaciones de calidad, unidad soporte plátano. Plátano Premium BANACOL [Documento de uso para Técnicos y productores no publicado]. 2p, s.f.
- [24] Ehlers, W., y Goss, M. *Water dynamics in plant production*. 2 Ed. CABI. 2016.
- [25] Mora, C., Caldwell, I.R., Caldwell, J.M., Fisher, M.R., Genco, B.M., y Running, S.W. Suitable days for plant growth disappear under projected climate change: potential human and biotic vulnerability. *PLoS Biol.*, 13, 1-15, 2015.
- [26] Sánchez, J.D., y Mira, J.J. Principios para la nutrición del cultivo de banano. 1 Ed. AUGURA-CENIBANANO. Medellín, Colombia. 2013.
- [27] Ramirez, J., Jarvis, A., Van den Bergh, I., Staver, C., y Turner, D. Changing climates: effects on growing conditions for banana and plantain (*Musa* spp.) and possible responses. *Crop Adaptation to Climate Change.*, 19, 426-438, 2011.

[28] Guarín, G.W. Impacto de la Variabilidad Climática en la Producción de Banano en el Urabá Antioqueño. [Tesis MSc]. Medellín, Ant. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, 2011.

[29] Stover, R. Sigatoka leaf spots of bananas. *Plant Dis.*, 64, 750-756, 1980.

[30] Marín, D.H., Romero, R.A., Guzman, M., y Sutton, T. B. Black Sigatoka: an increasing threat to banana cultivation. *Plant disease.*, 87, 208-222, 2003.

[31] Ochoa, A., Abaunza, F., y Rey, V. Pronóstico de sigatoka negra en cultivos de banano usando modelos estocásticos. Poster, VI International Banana Congress CORBANANA and XXI International Meeting ACORBAT.

[32] Aristizábal, L.M. y Landinez, C.R.D. Contribución de las hojas al llenado en racimo en plátano (*Musa* AAB cv Dominico hartón enano). *Revista Universidad de Caldas.*, 13, 77-90, 1993.

[33] Aristizábal, L.M., y Jaramillo, C. Identificación y descripción de las etapas de crecimiento del plátano Dominico-Hartón *Musa* (AAB). *Agronomía.*, 18, 29-40, 2010.

[34] Castaño, A.M., Aristizábal, L.M., y González, H. Requerimientos hídricos del plátano Dominico-Hartón (*Musa* AAB Simmonds) en la región Santágueda, Palestina, Caldas. *Agronomía.*, 19, 57-67, 2011.

[35] Van Asten, P.J.A., Fermont, A.M., y Taulya, G. Drought is a major yield loss factor for rainfed East African highland banana. *Agricultural water management.*, 98, 541-552, 2011.

[36] Ulloa, S.M., Wolf, E.D., y Armendáriz, I. Effect of plant density on growth and yield in Barraganete plantain (*Musa paradisiaca* (L.) AAB cv. Curare enano) for a single harvest cutting in Provincia de Los Ríos, Ecuador. *Acta agronómica.*, 66, 1-16, 2017.

[37] Tixier, P., Dorel, M., y Malézieux, E. A model-based approach to maximise gross income by selection of banana planting date. *Biosystems engineering.*, 96, 471-476, 2007.

